
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2007/2008
Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2007/2008

April 2008
April 2008

EMM 302/3 – Automatic Control
Kawalan Automatik

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:

ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **SIX (6)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat dan **ENAM (6)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE (5)** questions.

*Jawab **LIMA (5)** soalan.*

Answer all questions in **English** or **Bahasa Malaysia** or a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** atau **Bahasa Inggeris** atau kombinasi kedua-duanya.*

Start answering each question in a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

- Q1. [a] A hydraulic pump has a torque (t_{load}) which is a function of shaft speed described by:**

$$t_{load} = 7.8 \times 10^{-5} (n^2) + 0.035 (n)$$

where n is the rotor speed in rpm. We wish to model the pump operation for use in a control system. Generate a linear best-fit approximation for the load around $n = 1500$.

Sebuah pum hidraulik mempunyai suatu kilas (t_{load}) sebagai satu rangkap halaju aci diwakili oleh:

$$t_{load} = 7.8 \times 10^{-5} (n^2) + 0.035 (n)$$

di mana n adalah halaju pemutar dalam rpm. Kita ingin modelkan operasi pum bagi kegunaan dalam satu sistem kawalan. Hasilkan satu anggaran paling cocok-linear bagi beban sekitar $n = 1500$.

(20 marks/20 markah)

- [b] Over what range is the linear approximation within 2% of the original equation?**

Dalam julat apa anggaran linear tersebut adalah dalam lingkungan 2% dari persamaan asal?

(20 marks/20 markah)

- [c] An engine's torque (t_e) is proportional to its throttle position (ttl): $t_e = K_t (ttl)$. The engine is coupled to a load which has inertia J and a torque of $t_l = K_l (n)$ where n is the rotational speed of the shaft. Draw a block diagram showing how the shaft angle θ is related to the throttle position including the effects of the load inertia and torque.**

Satu kilas enjin (t_e) adalah berkadaran dengan posisi pendikitnya (ttl): $t_e = K_t (ttl)$. Enjin tersebut digandingkan dengan satu beban yang mempunyai inersia J dan satu kilas: $t_l = K_l (n)$ di mana n adalah halaju putaran aci. Lukis satu rajah blok menunjukkan bagaimana sudut aci θ berkaitan dengan posisi pendikitnya termasuk kesan inersia beban dan kilas.

(40 marks/40 markah)

- [d] Give the transfer function θ/ttl .**

Beri rangkap pindahnya θ/ttl .

(20 marks/20 markah)

- Q2.** A control system for accurately controlling the position of a CNC machining center has a block diagram shown in Figure Q2. The transfer function of the process, controller and feedback are $G_p(s) = \frac{4}{s(s+a)}$, $G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$ and $H(s) = 2$ respectively.

Suatu sistem kawalan bagi mengawal posisi sebuah pusat pemesinan CNC dengan jitu mempunyai rajah blok seperti ditunjukkan dalam Rajah S2. Rangkap pindah bagi proses, pengawal dan suap-baliknya masing-masing adalah $G_p(s) = \frac{4}{s(s+a)}$,

$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$ dan $H(s) = 2$.

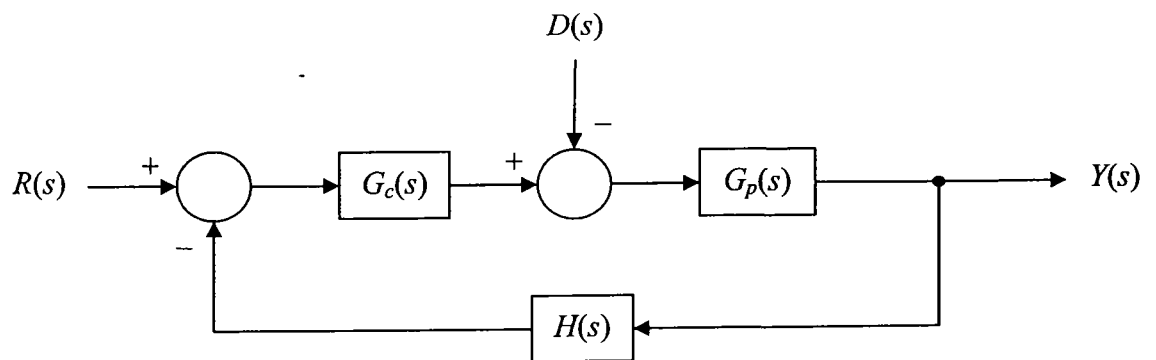


Figure Q2

Rajah S2

- [a]** Find the sensitivity of the system toward the change in the parameter a when $K_p = 3$, $K_I = 0$, $K_D = 1$ and there is no disturbance. Comment on the sensitivity if $a = 5$ and $s = -1$.

Dapatkan kepekaan sistem terhadap perubahan dalam parameter a bila $K_p = 3$, $K_I = 0$, $K_D = 1$ dan tiada gangguan. Komen terhadap kepekaannya jika $a = 5$ dan $s = -1$.

(30 marks/30 markah)

- [b] The tool tip can be moved to position 10 mm from origin along x axis by giving a step input command $R(s) = \frac{10}{s}$. Calculate the steady state error of the system when $K_P = 3$, $K_I = 2$, $K_D = 1$, $a = 5$ and there is no disturbance. Comment on the accuracy of the position.

Hujung mata alatnya boleh digerakkan ke posisi 10 mm dari asalan sepanjang paksi x dengan memberi satu arahan rangkap pelangkah $R(s) = \frac{10}{s}$. Kira ralat keadaan mantap sistem apabila $K_P = 3$, $K_I = 2$, $K_D = 1$, $a = 5$ dan tiada gangguan. Komen terhadap kejituan kedudukannya.

(35 marks/35 markah)

- [c] When the tool tip touches the work piece, a unit step disturbance is added to the system. Calculate the steady state response of the system when $K_P = 3$, $K_I = 2$, $K_D = 0$, $a = 5$ and there is disturbance (assuming there is no desired response). Comment on the effect of the disturbance to the position accuracy.

Bila hujung mata alatnya menyentuh bahan kerja, satu gangguan pelangkah seunit ditambah kepada sistem. Kira sambutan keadaan mantap sistem apabila $K_P = 3$, $K_I = 2$, $K_D = 0$, $a = 5$ dan terdapat gangguan (anggap tiada sambutan diingini). Komen terhadap kesan gangguan kepada kejituan posisi.

(35 marks/35 markah)

- Q3. [a] Figure Q3[a] shows the response of a mass, spring and damper system when a unit step input is applied. From the graph, determine the percentage of overshoot, peak time, settling time (5% of the final value), rise time and steady state error.

Rajah S3[a] menunjukkan sambutan sebuah sistem jisim, pegas dan peredam apabila dikenakan satu masukan pelangkah seunit. Dari graf tersebut, tentukan peratusan lajukan, masa memuncak, masa penetapan (5% dari nilai akhir), masa meningkat dan ralat keadaan mantap.

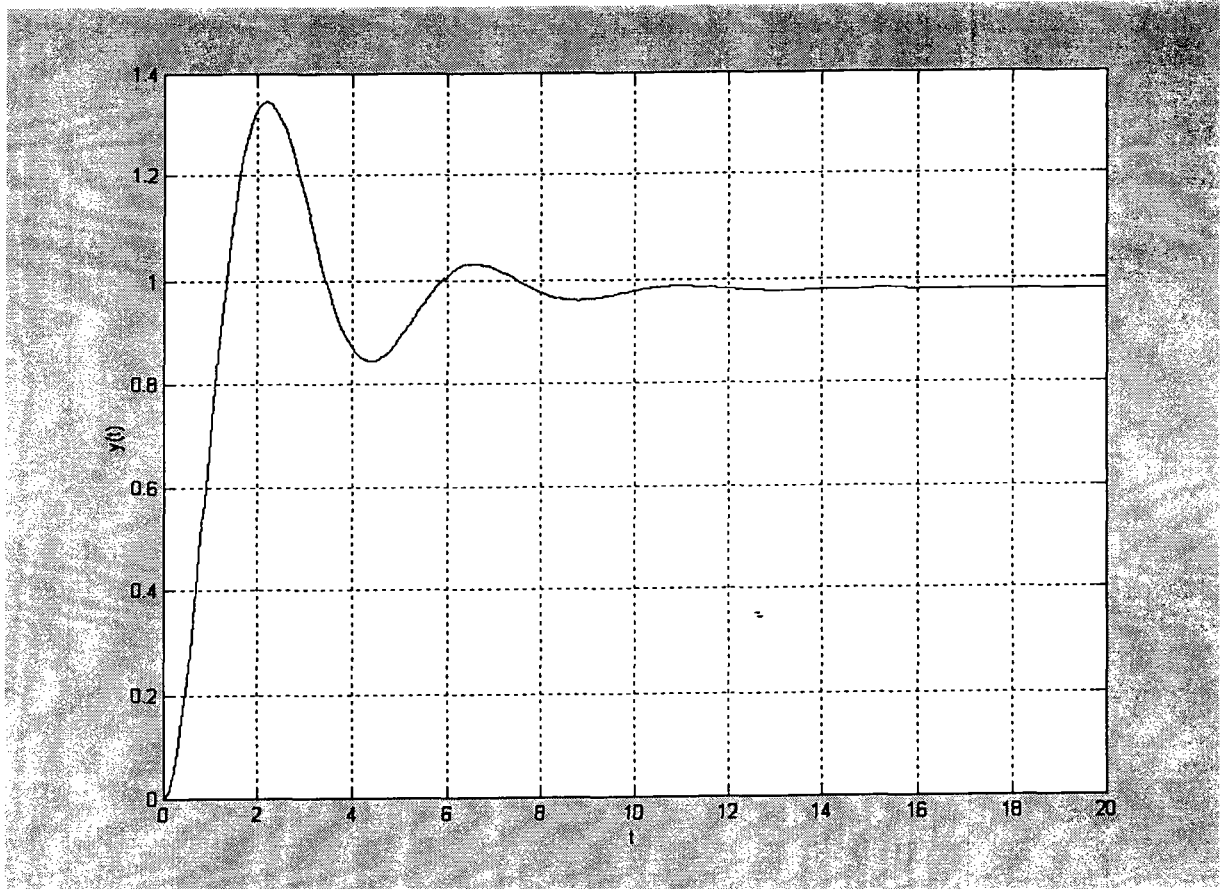


Figure Q3[a]
Rajah S3[a]

(30 marks/30 markah)

- [b]** Based on the answers in question Q3[a] and Figure Q3[b], determine the damping ratio of the system. Then calculate its natural frequency. Finally determine the transfer function of the second order system.

Berdasarkan jawapan dalam soalan S3[a] dan Rajah S3[b], tentukan nisbah peredam sistem tersebut. Kemudian kira frekuensi tabiinya. Akhirnya tentukan rangkap pindah sistem darjah kedua tersebut.

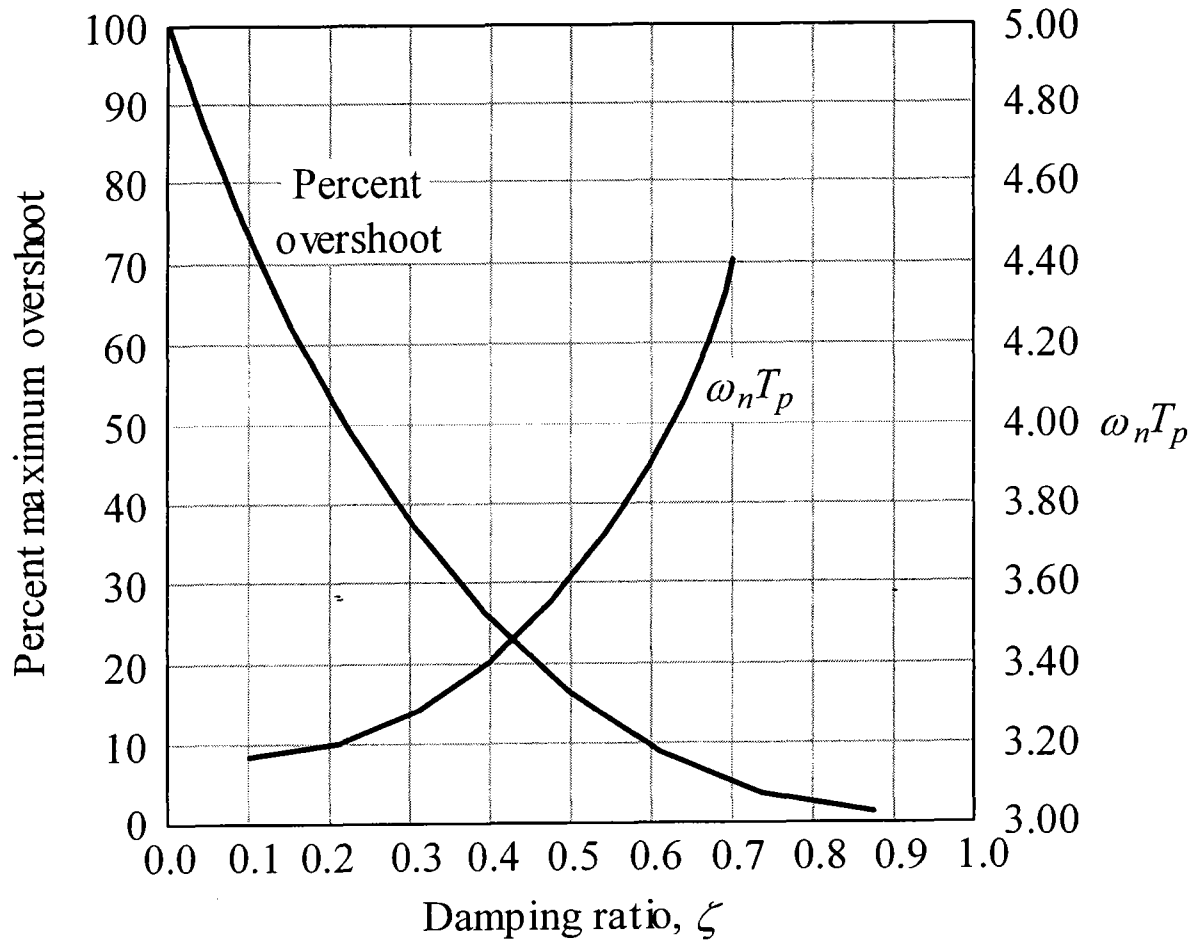


Figure Q3[b]

Rajah S3[b]

(40 marks/40 markah)

- [c] If the system has a third pole and its performance can be estimated using the second order transfer function obtained in question Q3[b], find the position of the third pole.

Jika sistem tersebut mempunyai satu kutub ketiga dan prestasinya boleh dianggar menggunakan rangkap pindah darjah keduanya yang diperolehi dalam soalan S3[b], dapatkan posisi kutub yang ketiganya.

(30 marks/30 markah)

Q4. Given the closed loop control system show in Figure Q4:

Diberi sistem kawalan gelung tertutup ditunjukkan dalam Rajah S4:

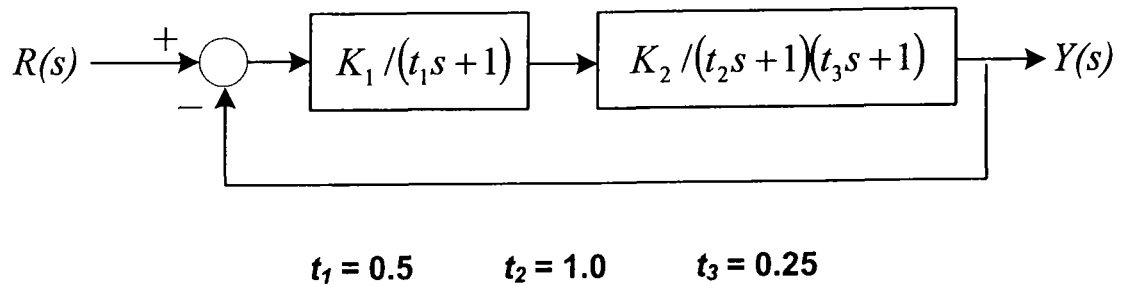


Figure Q4

Rajah S4

[a] For what values of K_1 and K_2 is this system stable?

Apakah nilai K_1 dan K_2 bagi sistem yang stabil?

(40 marks/40 markah)

[b] If the overall gain (K_1K_2) is set to 4.0, What is the time required for the system to settle to within 2% of its final value?

Jika keseluruhan gandaan (K_1K_2) diset kepada 4.0, berapakah masa diperlukan bagi sistem untuk mengenap dalam lingkungan 2% dari nilai akhirnya.

(20 marks/20 markah)

[c] What are the roots of the equation at this gain?

Apakah punca-punca persamaan pada gandaan ini?

(40 marks/40 markah)

Q5. A steel mill's tensioner is governed by the control system show in Figure Q5:

Sebuah penegang kilang keluli ditakluk oleh sistem kawalan ditunjukkan dalam Rajah S5:

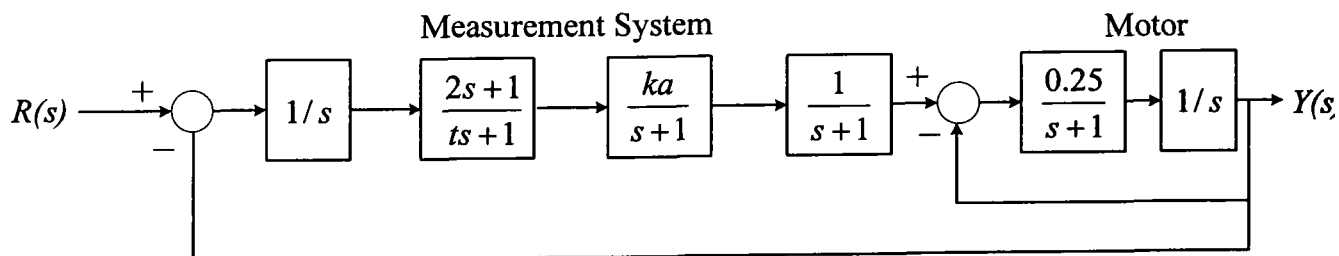


Figure Q5

Rajah S5

You may assume that the time constant, t , is much smaller than other time constants of the system.

Anda boleh anggap bahawa pemalar masa, t , adalah lebih kecil dari pemalar masa lain sistem.

- [a] Sketch the root locus for the control system assuming K_a is positive.

Lakarkan londar punca untuk sistem kawalan anggapkan K_a adalah positif.
(60 marks/60 markah)

- [b] Determine the gain K_a for which the roots will have a dampening ratio of 0.707 or greater.

Tentukan gandaan K_a bagi punca-punca yang akan mempunyai nisbah peredam 0.707 atau lebih.
(30 marks/30 markah)

- [c] Determine what effect t will have as its value increases.

Tentukan apa kesan t akan dapati bila nilainya meningkat.
(10 marks/10 markah)

- Q6. A gantry robot uses a machine vision to measure its position as a unity feedback control system. The robot has a process with a third order transfer function $G(s)$:

Sebuah robot gantri menggunakan sebuah penglihatan mesin bagi mengukur posisinya sebagai satu sistem kawalan suap-balik seunit. Robot tersebut mempunyai proses dengan rangkap pindah darjah ketiga $G(s)$:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+5)(s+20)}$$

- [a] We desire the damping ratio to be 0.707 and the natural frequency to be 14.14 Hz. Sketch the uncompensated root locus and show that the desired root location for dominant root cannot be realized with the uncompensated system.

Kita kehendaki nisbah peredamnya 0.707 dan frekuensi tabiinya 14.14 Hz. Lakarkan londar punca tidak terpampas dan tunjukkan bahawa lokasi punca diingini bagi punca dominan tidak menjadi kenyataan dengan sistem tidak terpampas.

(30 marks/30 markah)

- [b] Find a suitable phase-lead compensator by using root locus methods.**

Dapatkan satu pemampas duluan fasa yang sesuai dengan menggunakan kaedah londar punca.

(40 marks/40 markah)

- [c] Sketch the compensated root locus and calculate the gain K .**

Lakarkan londar punca terpampas dan kira gandaan K .

(30 marks/30 markah)